



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

LÁVKA PRO PĚŠÍ PŘES ŘEKU DYJI

THE FOOTBRIDGE FOR PEDESTRIANS OVER THE DYJE RIVER

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jakub Jaroš

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Jakub Jaroš
Název	Lávka pro pěší přes řeku Dyji
Vedoucí práce	Ing. Milan Šmak, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2017
Datum odevzdání	12. 1. 2018

V Brně dne 31. 3. 2017

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Tvarové a dispoziční uspořádání objektu

ČSN EN 1990 "Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí"

ČSN EN 1991-1 "Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1: Obecná zatížení"

ČSN EN 1993-1 "Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby"

ČSN EN 1995-1 "Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby"

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Vypracujte návrh nosné konstrukce lávky pro pěší a cyklisty přes řeku Dyji ve městě Znojmo. Konstrukci navrhnete z lepeného lamelového dřeva, rostlého dřeva, materiálů na bázi dřeva a ocelových konstrukčních prvků. Volba konstrukčního systému je součástí diplomové práce. Rozpětí lávky uvažujte do 30m. Nosnou konstrukci navrhnete v alternativním uspořádání.

Požadované výstupy:

1. Technická zpráva
2. Statický výpočet základních nosných prvků, kotvení a směrných detailů
3. Výkresová dokumentace dle specifikace vedoucího diplomové práce
4. Výkaz výměr

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Milan Šmak, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Tématem diplomové práce je návrh a posouzení nosné konstrukce lávky pro pěší, přes řeku Dyji ve Znojmě. Rozpětí lávky je 30m a šíře 3,8m.

KLÍČOVÁ SLOVA

Lávka pro pěší, ocelová nosná konstrukce, obloukové nosníky, příhradová konstrukce, příčníky, podélníky, ztužidla, dřevěné mostiny, mostní ložiska.

ABSTRACT

The theme of this thesis is structural design of the load bearing structure of a footbridge over the river Dyje Znojmo. Span of the footbridge is 30 meters and width is 3.8 meters.

KEYWORDS

Footbridge, steel load bearing structure, curved beams, lattice structure, transverse beams, lengthwise beams, bracing, wooden elements, bridge bearings.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Jakub Jaroš *Lávka pro pěší přes řeku Dyji*. Brno, 2018. 20 s., 128 s. příl. Diplomová práce.
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí.
Vedoucí práce Ing. Milan Šmak, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12. 1. 2018

Bc. Jakub Jaroš
autor práce

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 12. 1. 2018

Bc. Jakub Jaroš
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Milanu Šmakovi, Ph.D. za vedení, cenné rady a trpělivost při zpracovávání mé diplomové práce.

V Brně dne 12. 1. 2018

Bc. Jakub Jaroš
autor práce

OBSAH DIPLOMOVÉ PRÁCE

ČÁST I: Souhrnná technická zpráva

ČÁST II: Technická zpráva vybrané varianty

ČÁST III: Statický výpočet vybrané varianty

Část IV: Výpis ze statického programu

Přílohy: Schéma lávky 1:50, 1:25
Detaily 1:10



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

ČÁST I: SOUHRNÁ TECHNICKÁ ZPRÁVA

PART I: SUMMARY ENGINEERING REPORT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jakub Jaroš

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2018

Obsah

1. Úvod.....	12
2. Lokalita	12
3. Základní údaje	13
4. Popis variant.....	13
4.1. Varianta A: Oblouková dřevěná lávka s dolní mostovkou.....	14
4.1.1. Vizualizace lávky.....	14
4.1.2. Model pro výpočet.....	14
4.1.3. Popis konstrukce.....	14
4.1.4. Shrnutí varianty.....	14
4.2. Varianta B: Oblouková dřevěná lávka s příhradovými hlavními trámy a dolní mostovkou	15
4.2.1. Vizualizace lávky.....	15
4.2.2. Model pro výpočet.....	15
4.2.3. Popis konstrukce.....	15
4.2.4. Shrnutí varianty.....	15
4.3. Varianta C: Oblouková ocelová lávka s dolní mostovkou.....	16
4.3.1. Vizualizace lávky.....	16
4.3.2. Model pro výpočet.....	16
4.3.3. Popis konstrukce.....	16
4.3.4. Shrnutí varianty.....	16
4.4. Varianta D: Příhradová ocelová lávka s dolní mostovkou	17
4.4.1. Vizualizace lávky.....	17
4.4.2. Model pro výpočet.....	17
4.4.3. Popis konstrukce.....	17
4.4.4. Shrnutí varianty.....	17
5. Vyhodnocení variant.....	18
6. Závěr	19
7. Použitá literatura.....	20

1. Úvod

Tématem diplomové práce je návrh a posouzení nosné konstrukce lávky pro pěší. Lávka bude navržena pro oblast Znojmo, přesněji přes řeku Dyji nedaleko železničního viaduktu. Vzhledem k umístění jsem se snažil navrhnout konstrukci, která by byla lehká a zapadala by do okolní krajiny.

Varianty návrhu lávky se sestávají z kombinací použitých materiálu, konkrétně oceli a dřeva s využitím různých statických systémů, jako například příhradové hlavní nosníky nebo kombinace trámu a oblouku.

Pro výpočtový model byl použit program firmy Dlubal, konkrétně RFEM verze 5.11 se studentskou licencí a řada jeho přídatných modulů (např.: RF - STEEL EC3 – Posouzení ocelových prutů podle Eurokódu 3, RF – STABILITY – Stabilitní analýza a jiné). Pro zpracování schémat a výkresové dokumentace byl použit program AutoCAD 2016.

2. Lokalita

Uvažovaná lokalita lávky je nedaleko železničního viaduktu ve Znojmě a je velmi dobře přístupná z obou stran. Jedná se údolní krajinu s protékající řekou a nedalekou přehradou.



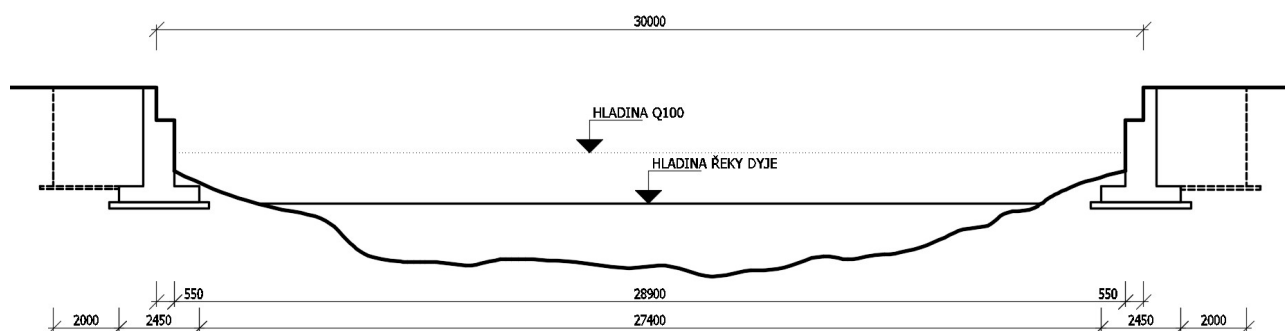
3. Základní údaje

Lávka bude řešena jako jednopolová s dolní mostovkou. Objektem přemostění je řeka Dyje protékající městem Znojmo. Je nutné přemostit řečiště o šířce 24 m, rozpětí lávky by mělo být v rámci diplomové práce uvažováno do 30 m. Šířka se bude odvíjet od průjezdných profilů vozidla rychlé záchranné služby.

Jako materiál je možné použít dřevo, jak rostlé, tak lepené lamelové a ocel. Materiál můžeme kombinovat a využít tak různých výhod materiálů, např.: větší prvky ze dřeva kvůli jeho menší hmotnosti, ocel pak na táhla a výztužné prvky a podobně.

4. Popis variant

V této kapitole budou popsány varianty řešení lávky, jejich výpočtový model, popis konstrukce a použitých materiálů. Na základě zjednodušených výpočtů budou tyto varianty porovnávány z hlediska náročnosti a nákladnosti provedení. Varianta s nejpříznivějším hodnocením bude dále rozpracována podrobněji jako další část diplomové práce.

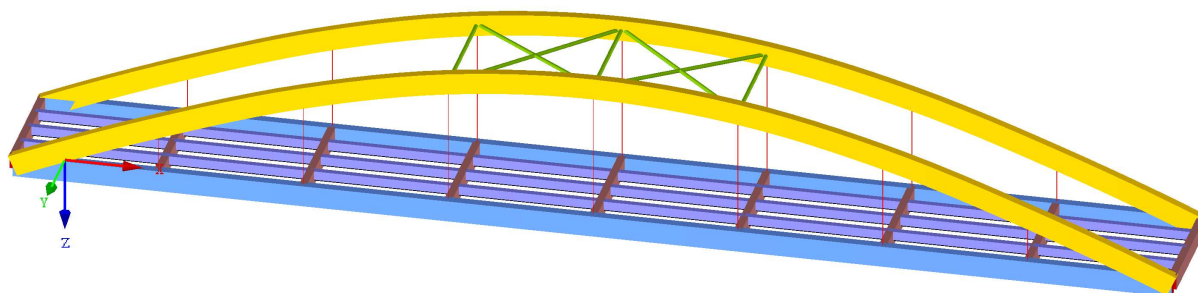


4.1. Varianta A: Oblouková dřevěná lávka s dolní mostovkou

4.1.1. Vizualizace lávky

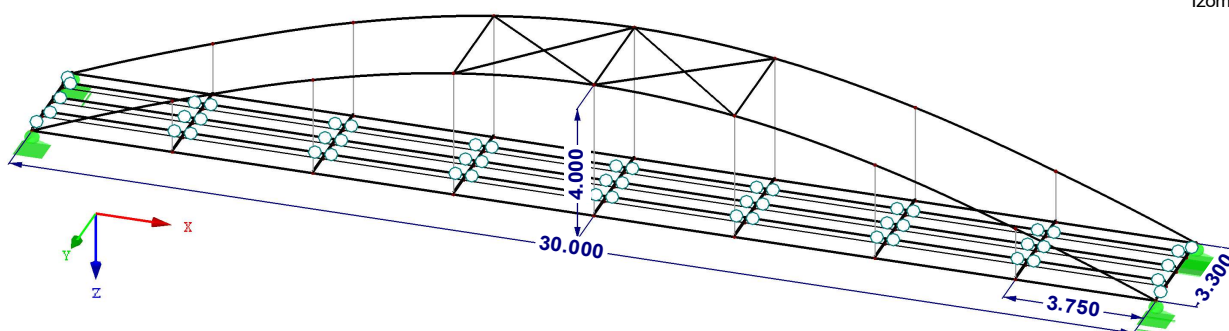
Průřezy	
1:	T-obdélník 250/580; Lepené lamelové dřevo GL24h
2:	T-obdélník 250/580; Lepené lamelové dřevo GL24h
3:	T-obdélník 200/420; Lepené lamelové dřevo GL24h
4:	RO 101.6x3.2 EN 10210-2:2006; Ocel S 235
5:	RD 18 Feronia - EN 10060; Ocel S 235
6:	T-obdélník 170/240; Lepené lamelové dřevo GL24h
...	

Izometrie



4.1.2. Model pro výpočet

Izometrie



4.1.3. Popis konstrukce

Dřevěná konstrukce se svislými oblouky. Oblouky jsou obdélníkového průřezu z lepeného lamelového dřeva, staticky působící jako dvou kloubové. Příčnický a podélníky jsou navrženy jako obdelníkové profily, táhla mají kruhový průřez a jsou z vyšší pevnosti oseli.

4.1.4. Shrnutí varianty

Výhodné je statické řešení, využití oblouku a zachycení jeho vodorovné reakce v mostovce lávky. Relativně malý počet prvků konstrukce a velmi estetický vzhled.

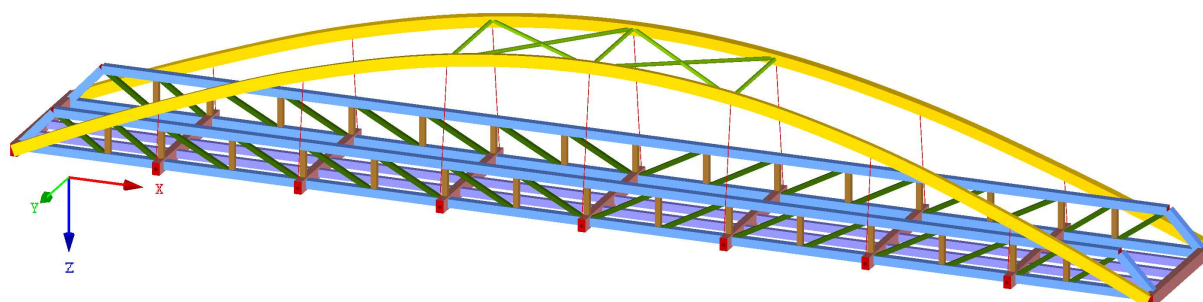
Velká nevýhoda je výroba lepeného vazníky a jeho doprava na stavbu. Dále pak nutnost rámového spojení k zajištění příčné tuhosti.

4.2. Varianta B: Oblouková dřevěná lávka s příhradovými hlavními trámy a dolní mostovkou

4.2.1. Vizualizace lávky

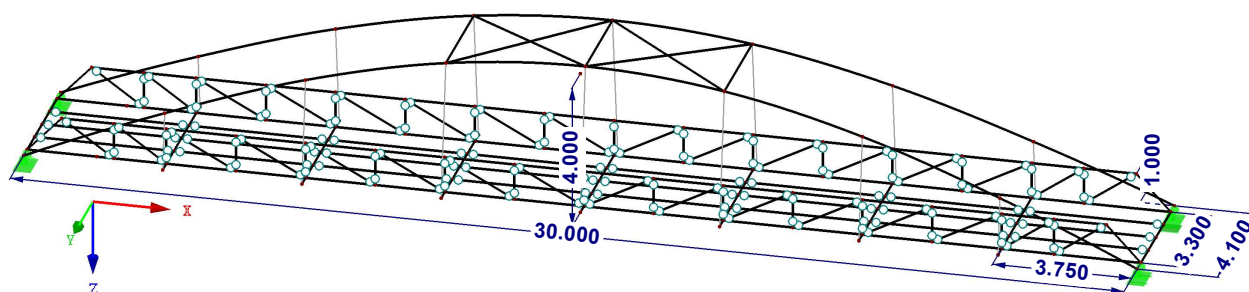
Izometrie

Průřezy	
1:	T-obdélník 220/220; Lepené lamelové dřevo GL24h
2:	T-obdélník 200/300; Lepené lamelové dřevo GL24h
3:	T-obdélník 200/330; Lepené lamelové dřevo GL24h
4:	RO 101.6x3.2 EN 10210-2:2006; Ocel S 235
5:	RD 18 Feron - EN 10060; Ocel S 450
6:	Hraněné dřevo 140/200 Standardní průřezy; Lepené lamelov
7:	Hraněné dřevo 140/140 Standardní průřezy; Lepené lamelov
8:	Hraněné dřevo 120/120 Standardní průřezy; Lepené lamelov



4.2.2. Model pro výpočet

Izometrie



4.2.3. Popis konstrukce

Oproti předchozí variantě je tento návrh spíše příhradová konstrukce, u které je oblouk využit jako výztužný prvek vynášející příčníky. Příhradová konstrukce hlavních nosníků slouží také jako zábradlí.

4.2.4. Shrnutí varianty

Výhodou je využití rostlého dřeva u většině prvků, což vede ke zjednodušení výroby prvků a estetický vzhled.

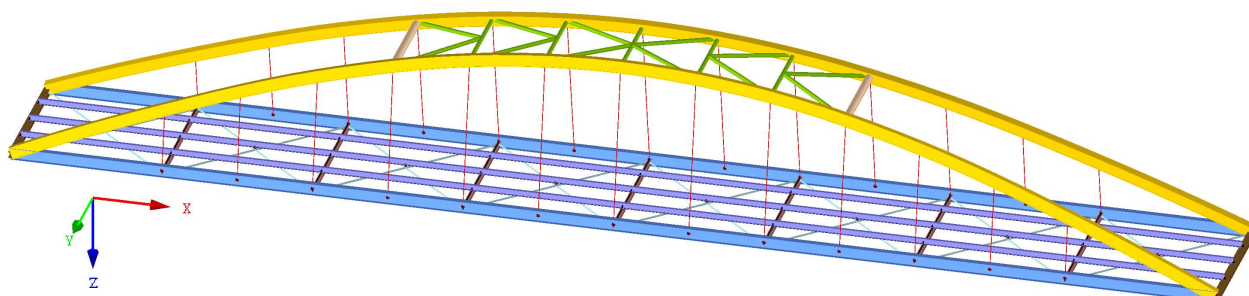
Nevýhodou je větší množství prvků v konstrukci, tomu odpovídají množství spojů a vodorovné reakce do podpor od oblouku.

4.3. Varianta C: Oblouková ocelová lávka s dolní mostovkou

4.3.1. Vizualizace lávky

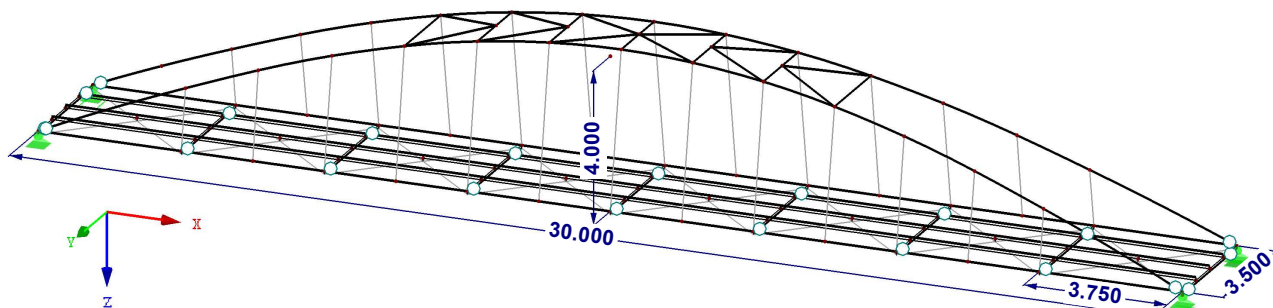
Průřezy	
1:	IPE 300 Feronia - DIN 1025-5:1994; Ocel S 355
2:	Uzavřeně(A) 200/14/10/160/300/200/14/4/4; Ocel S 355
3:	IPE 140 Feronia - DIN 1025-5:1994; Ocel S 355
4:	RO 101.6x3.2 EN 10210-2:2006; Ocel S 235
5:	RD 18 Feronia - EN 10060; Ocel S 450
6:	IPE 140 Feronia - DIN 1025-5:1994; Ocel S 355
7:	HEB 160 Feronia - DIN 1025-2:1995; Ocel S 355
9:	RO 193.7x8.0 (za tepla); Ocel S 235
10:	L 50x50x5 Feronia - EN 10056; Ocel S 235
...	

Izometrie



4.3.2. Model pro výpočet

Izometrie



4.3.3. Popis konstrukce

Ocelová konstrukce s nakloněnými oblouky. Oblouky jsou komorového průřezu, staticky působící jako dvou kloubové. Hlavní nosníky, příčníky a podélníky navržené jako I profily, tyčová táhla z oceli vyšší pevnosti a podmostvková ztužidla pak jako L profily.

4.3.4. Shrnutí varianty

Výhodné je opět statické řešení, využití oblouku a zachycení jeho vodorovné reakce v mostovce lávky. Relativně malý počet prvků konstrukce a velmi estetický vzhled.

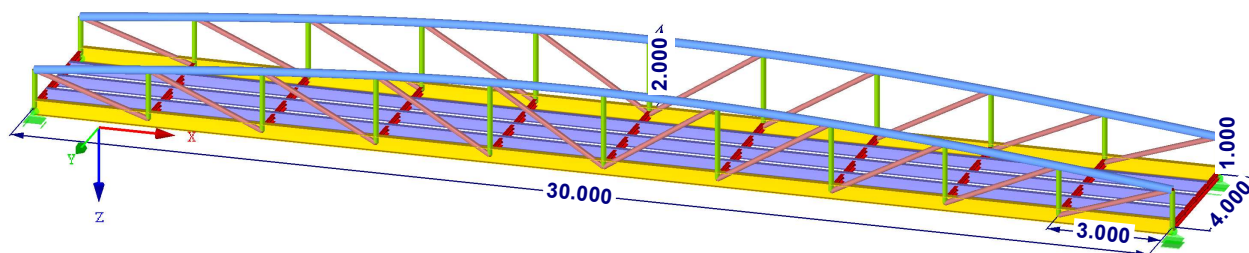
Nevýhodami je konstrukce samotného oblouku, jeho montáž na místě a nutnost rámového spojení z důvodu příčné stability lávky.

4.4. Varianta D: Příhradová ocelová lávka s dolní mostovkou

4.4.1. Vizualizace lávky

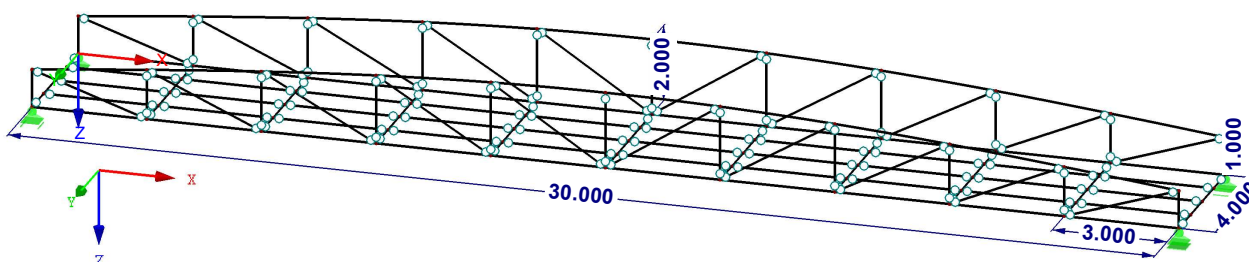
Průřezy	
1:	RO 219.1x6.3 (za tepla); Ocel S 355
2:	IPE 400 Feronia - DIN 1025-5:1994; Ocel S 355
3:	RO 139.7x5.0 (za tepla); Ocel S 355
4:	RO 139.7x5.0 (za tepla); Ocel S 355
5:	IPE 200; Ocel S 355
6:	IPE 300; Ocel S 355
...	

Izometrie



4.4.2. Model pro výpočet

Izometrie



4.4.3. Popis konstrukce

Ocelová konstrukce s příhradovými hlavními nosníky převážně z trubkových průřezu, spodní pás, podélníky a příčníky jsou navrženy jako I profily a podmostková ztužidla pak jako L profily.

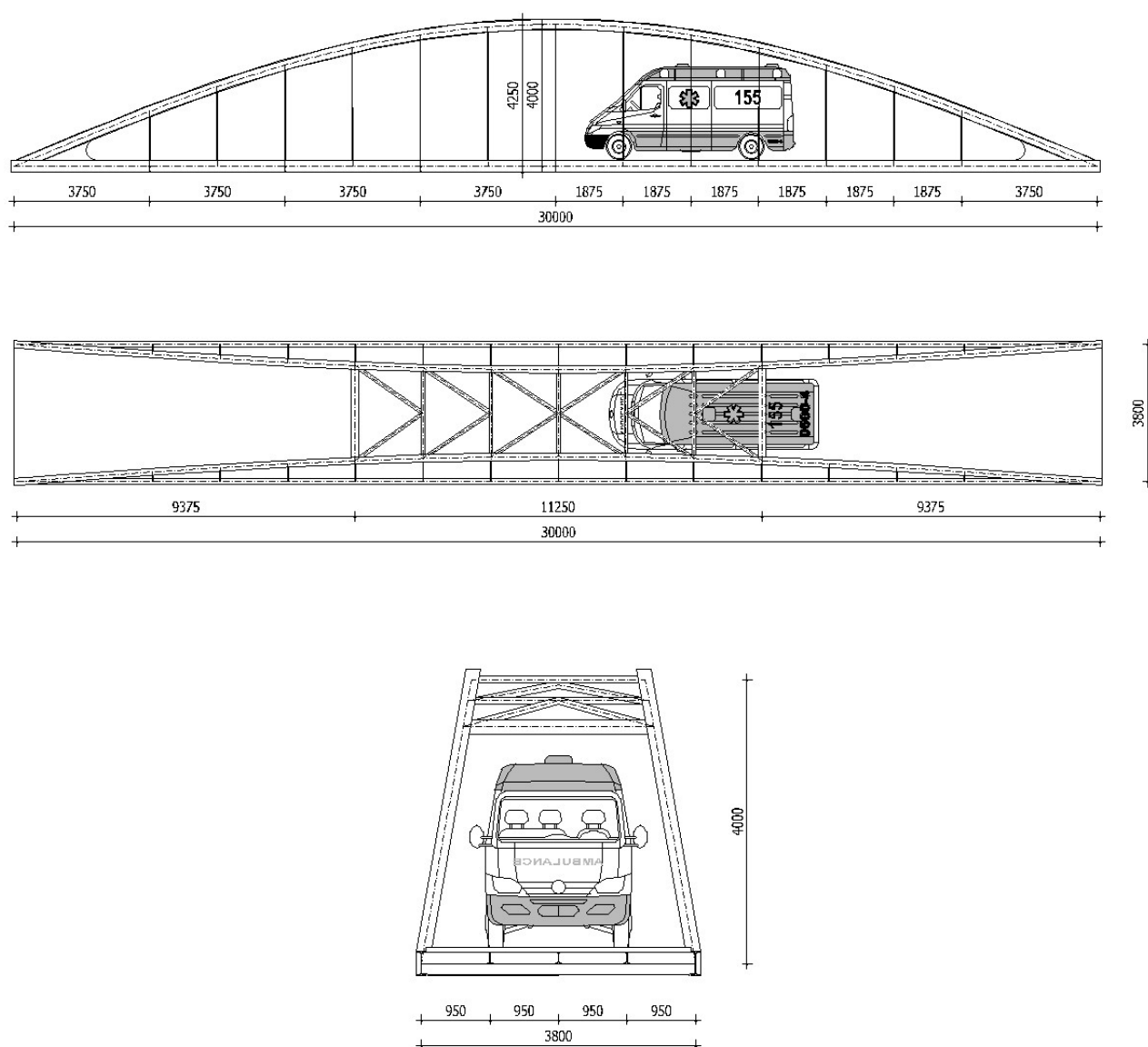
4.4.4. Shrnutí varianty

Nevýhodami jsou: nepříliš estetický vzhled, velké množství svařovaných spojů a jednotlivých prvků.

5. Vyhodnocení variant

Po vypracování zjednodušených statických modelů jednotlivých variant a předběžném návrhu prvků a spojů, jejich výhod a nevýhod, jsem rozhodl pro **variantu C**, tedy ocelovou konstrukci s nakloněnými oblouky.

Tuto variantu jsem si zvolil zejména kvůli jejímu estetickému působení. Nakloněné oblouky na mě působí velmi elegantně a jak jsem později zjistil, tak naklonění pomohlo zvýšit frekvenci vlastního kmitání lávky a zvyšují tuhost celé konstrukce v příčném směru. Toto řešení však sebou nese konstrukční problém spojení oblouků a krajních podélníku, které teď nejsou v jedné rovině.



6. Závěr

Úkolem diplomové práce byl návrh a posouzení nosné konstrukce lávky pro pěší na rozpětí 30,0m. Byl proveden geometrický a architektonický návrh čtyř různých variant. Vybraná varianta byla dále podrobně posouzena tak, aby všechny nosné prvky konstrukce bezpečně vyhověly jejímu užívání. Toto bylo provedeno v souladu s platnými normami.

Výpočetní model byl zhotoven v programu Dlubal RFEM 5.12 a byl proveden statický lineární výpočet s uvážením lokálních nelinearit některých prvků, a to vyloučení tlakového namáhání podmostovkových ztužidel a závěsných táhel, na kterých je zavěšena prvková mostovka k nosným obloukům. V programu byly definovány kombinace zatěžovacích stavů dle ČSN EN 1990 pro mezní stav únosnosti podle rovnic 6.10a a 6.10b a charakteristická kombinace uvedená v normě ČSN EN 1990 pro mezní stav použitelnosti. Výpočtem byly zjištěny návrhové vnitřní síly, na které pak byly jednotlivé prvky nosné konstrukce lávky dimenzovány. Posouzení těchto nosných prvků bylo provedeno ručním výpočtem.

Výsledný návrh lávky byl přenesen do výkresové podoby a jednotlivé výkresy naleznete v příloze této práce.

7. Použitá literatura

8. [1] ČSN EN 1991-1-1 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2004, 44 s.
- 9.
10. [2] ČSN EN 1991-1-3 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, 2005, 52 s.
- 11.
12. [3] ČSN EN 1991-1-4 *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, 2007, 124 s.
- 13.
14. [4] ČSN EN 1993-1-1 *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006, 96 s.
- 15.
16. [5] ČSN EN 1993-1-8 *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků*. Praha: Český normalizační institut, 2004, 128 s.
- 17.
18. [6] ČSN EN 1993-2 *Eurokod 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 2: Ocelové mosty*. Praha: Český normalizační institut, 2008, 102 s.
- 19.
20. [7] *TENSION SYSTEMS: Táhlá Macalloy* [online]. Česká republika: Dream Extract, 2014
21. [cit. 2016-01-14]. Dostupné z: <http://www.tension.cz/produkty/tahla-macalloy>
- 22.
23. [8] *FREYSSINET CZ: SUSTAINABLE TECHNOLOGY* [online]. Česká republika:
24. Creative Studio s.r.o, 2013 [cit. 2016-01-15]. Dostupné z: [http://www.freyssinet.cz/203-](http://www.freyssinet.cz/203-25.hrncova_mostni_loziska_tetron_cd)
25. [hrncova_mostni_loziska_tetron_cd](http://www.freyssinet.cz/203-25.hrncova_mostni_loziska_tetron_cd)